

日本国特許庁  
JAPAN PATENT OFFICE

1c978 U.S. PRO  
10/084325  
02/26/02

US  
#2

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office

出願年月日  
Date of Application:

2001年 3月 2日

出願番号  
Application Number:

特願2001-057578

出願人  
Applicant(s):

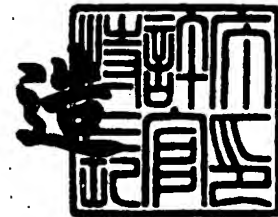
日本電気株式会社

CERTIFIED COPY OF  
PRIORITY DOCUMENT

2001年10月26日

特許庁長官  
Commissioner,  
Japan Patent Office

及川耕造



出証番号 出証特2001-3094730

【書類名】 特許願

【整理番号】 33509840

【提出日】 平成13年 3月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H04J 14/02

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都港区芝五丁目 7 番 1 号 日本電気株式会社内

    【氏名】 末村 剛彦

【特許出願人】

    【識別番号】 000004237

    【氏名又は名称】 日本電気株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100088812

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 ▲柳▼川 信

【手数料の表示】

    【予納台帳番号】 030982

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

    【物件名】 明細書 1

    【物件名】 図面 1

    【物件名】 要約書 1

    【包括委任状番号】 9001833

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 通信ネットワーク及びパス設定方法並びにそれに用いるノード装置

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 複数のノードと、これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループとを含む通信ネットワークであって、

前記ノードは、

低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、

前記低次パスを交換するスイッチと、高次パスを交換するスイッチと、N本（Nは2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段と、1本の前記高次パスをN本の前記低次パスに分離する分離手段とを有する高次ノードとを含み、

任意の2つの前記ノード間に前記低次パスを設定し、任意の2つの前記高次ノードの間に前記高次パスを設定することを特徴とする通信ネットワーク。

【請求項 2】 全ての前記ノードが前記高次ノードである請求項 1 に記載の通信ネットワーク。

【請求項 3】 全ての前記ノードと通信が可能で、かつ全ての既存の前記低次パスの経路情報を記録したパステーブルを有する集中制御装置を備え、前記低次パスおよび前記高次パスの設定を前記集中制御装置が主体となって行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信ネットワーク。

【請求項 4】 全ての前記ノードが自ノードを通過する全ての低次パスの経路情報を記録したパステーブルを有するノード制御装置を備え、前記低次パスおよび高次パスの設定を前記ノード制御装置が主体となって行うことを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の通信ネットワーク。

【請求項 5】 前記低次パスが波長パス、高次パスが波長群パスであることを特徴とする請求項 1 ～ 4 いずれかに記載の通信ネットワーク。

【請求項 6】 前記低次パスが波長パス、高次パスが光ファイバパスであることを特徴とする請求項 1 ～ 4 いずれかに記載の通信ネットワーク。

【請求項7】 低次パスが波長群パス、高次パスが光ファイバパスであることを特徴とする請求項1～4いずれかに記載の通信ネットワーク。

【請求項8】 低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、  
前記低次パスを交換するスイッチ、高次パスを交換するスイッチ、N本（Nは2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段、1本の前記高次パスをN本の前記低次パスに分離する分離手段を有する高次ノードと

これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループと、  
を含む通信ネットワークにおけるパス設定方法であって、

経路の一部が任意の2つの前記高次ノードを結ぶ区間と一致するN本（Nは2以上の整数）の低次パスが存在する場合に、該N本の低次パスを多重した高次パスを前記区間に設定することを特徴とするパス設定方法。

【請求項9】 低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、  
前記低次パスを交換するスイッチ、高次パスを交換するスイッチ、N本（Nは2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段、1本の前記高次パスをN本の前記低次パスに分離する分離手段を有する高次ノードと

これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループと、  
を含む通信ネットワークにおけるパス設定方法であって、

任意の2つの前記低次ノードまたは前記高次ノードを起点ノードおよび終点ノードとする第1の低次パスの経路上で、既定の順序により前記経路の一部である区間に着目し、経路の一部が前記区間と一致する第2から第N（Nは2以上の整数）の低次パスが存在する場合に第1から第Nの低次パスを多重した高次パスを前記区間に設定することを特徴とするパス設定方法。

【請求項10】 第1の前記低次パスの経路の長さをLとすると、先ず前記経路の全体である区間に着目し、次に長さがL-1である全ての区間に着目し、以後順に、長さがL-2, L-3, ……、2である全ての区間に着目することを特徴とする請求項9に記載のパス設定方法。

【請求項11】 第1の前記低次パスの経路の長さをLとすると、先ず前

記第 1 の低次パスの起点ノードを一方の端点とする長さが  $L$ ,  $L-1$ ,  $L-2$ , …, 2 の区間に着目し、次に前記起点ノードから 1 ホップ終点ノード側のノードを一方の端点とする長さが  $L-1$ ,  $L-2$ ,  $L-3$ , …, 2 の区間に着目し、以後  $I=2, 3, 4, \dots, L-2$  の順で前記起点ノードから  $I$  ホップ終点ノード側のノードを一方の端点とする長さが  $L-I$ ,  $L-I-1$ ,  $L-I-2$ , …, 2 の区間に着目することを特徴とする請求項 9 に記載のパス設定方法。

【請求項 12】 通信ネットワークにおけるノード装置であって、

低次パスを交換するスイッチと、

高次パスを交換するスイッチと、

$N$  本 ( $N$  は 2 以上の整数) の前記低次パスを 1 本の前記高次パスに多重する多重手段と、

1 本の前記高次パスを  $N$  本の前記低次パスに分離する分離手段と、

自ノードを通過する全ての低次パスの経路情報を記録したパステーブルを有するノード制御手段とを含み、前記低次パス及び高次パスの設定を前記ノード制御手段により行うようにしたことを特徴とするノード装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は通信ネットワークおよびパス設定方法ならびにそれに用いるノード装置に関し、特に階層化されたパスを有する通信ネットワークと、そのような通信ネットワークにおいて階層化されたパスを設定するためのパス設定方式に関するものであり、例えば波長多重光通信ネットワークにおいて、波長パスと波長群パスを設定する方式に適用されるものである。

【0002】

【従来の技術】

現在の公衆通信ネットワークでは、主に SONET (Synchronous Optical Network)、または SDH (Synchronous Digital Hierarchy) という規格が用いられている。SONET/SDH では、端点間での通信に用いる時分割多重チャネルとしてパスが定義されている。

## 【0003】

昨今、波長多重技術を用いた波長多重光通信ネットワークの開発が進められているが、波長多重光通信ネットワークにおいても、光の1つの波長を端点間の通信チャンネルとして割り当てる波長パスという概念が存在し、波長パスのスイッチングを行うノード装置として、リング網の場合は光分岐挿入装置を、メッシュ網の場合は、光クロスコネクタ装置を用いる。波長パスには、実際に1つの物理的な波長が割り当てられる場合もあるが、パスのホップ毎に異なる波長が割り当てられる仮想波長パスと呼ばれるものも存在する。

## 【0004】

波長多重光通信ネットワークでは、波長単位ではなく複数の波長からなる波長群や、複数の波長が多重された光ファイバの単位でスイッチングを行うことも考えられる。例えば、K. Harada et al., "Hierarchical Optical Path Cross-Connect Systems for Large Scale WDM," OFC '99, WM55, 1999. には、波長群単位でのスイッチングを行う光クロスコネクタ装置の構成が開示されている。このような波長群単位でのスイッチングを行うノード装置を用いた波長多重光通信ネットワークでは、ノード間に波長群パスを設定することが可能になる。

## 【0005】

光スイッチを用いたノード装置では、波長パスのスイッチングを行う場合にも、また波長群パスのスイッチングを行う場合にも、1つのパスに光スイッチの1ポートが占有される。従って、2つのノード間に複数の波長パスを設定するよりも、1つの波長群パスを設定する方が、途中のノード装置に要求されるポート数は少なくなり、ノードコストを低減することが出来る。このように波長群パスのスイッチングを行う波長多重光通信ネットワークは、中島他、「トラヒックの増加を考慮した大容量光クロスコネクタの検討」、信学技報SSE2000-189、電子情報通信学会、2000に開示されている。

## 【0006】

以上では、波長パスと波長群パスについてのみ述べたが、光ファイバ単位でのスイッチングを行うノード装置を用いることにより、光ファイバパスを設定する光通信ネットワークも考えられる。より帯域の大きいパスを高次のパスというこ

とにすると、波長群パスは波長パスより高次のパスであり、光ファイバパスは波長群パスより高次のパスである。このように波長多重光通信ネットワークにはパスの粒度に階層が存在する。

#### 【0007】

この階層化されたパスという概念は、波長多重光通信ネットワークにのみ存在するものではない。SONETのような時分割多重通信ネットワークにおいても、時分割多重度の低い（帯域の小さい）パスを低次のパス、時分割多重度の高い（帯域の大きい）パスを高次のパスと考えることが出来る。

#### 【0008】

波長多重光通信ネットワークにおいて、パスを高速あるいは自動的に設定／解放するために、高機能な制御プレーンを導入することが検討されている。制御プレーンの機能には、例えば、パスの経路を決めるルーティングや、パスを設定したり解放したりするために必要な制御情報の通信を行うシグナリングが含まれる。このような制御プレーンはInternet Engineering Task Force (IETF)のインターネットドラフトdraft-many-ip-optical-framework-01.txtに開示されている。前述した波長パス、波長群パス、光ファイバパス等もこのような制御プレーンの制御対象とすることが出来る。

#### 【0009】

##### 【発明が解決しようとする課題】

前述した波長群パスの交換を行う波長多重光通信ネットワークの従来例では、パスの端点である2つのノード間の全経路を波長群パスとする。これはつまり、2つのノード間に波長群パスの帯域に相当する通信デマンドが無ければ波長群パスの帯域を使い切れず、資源を無駄に消費することになる。

#### 【0010】

例えば、1波長あたりの帯域が10Gb/sで、8波長で1つの波長群を構成する場合、1本の波長群パスの帯域は80Gb/sとなる。この波長群パスを設定した端点間に実際には20Gb/sのデマンドしか無いとすると、残りの60Gb/sの帯域は無駄に消費されることになる。この場合、ノードの所要ポート数は半分に減っているが、リンクの所要帯域は4倍に増えてしまっている。

## 【 0 0 1 1 】

この問題を解決するためには、波長パスと波長群パスとを1つのネットワーク内に柔軟に混在させることが必要になる。すなわち、本発明の第1の課題は、高次のパスと低次のパスとを柔軟に混在させる通信ネットワークを実現することである。この課題が解決されれば、2つのノード間に高次のパスの帯域と比べて小さなデマンドしか無い場合でも、起点ノードや終点ノードの異なる複数の低次のパスを集めて高次のパスを設定し、かつ設定した高次のパスの帯域を有効活用することが出来る。

## 【 0 0 1 2 】

高次のパスと低次のパスとを混在させる通信ネットワークで、高次のパスと低次のパスのルーティングを統合的に行う具体的方法は現時点で開示されていない。従来のSONETなどを用いたネットワークでは、低次のパスと高次のパスの経路をそれぞれ予め設計しておいて、結果的に階層化されたパスを構成することは出来る。しかし、そのような通信ネットワークにおいて高次のパスはあくまでも静的なものである。仮に、SONETネットワークにおいて、低次のパスをデマンドに応じて動的に設定したとしても、それに伴って動的に高次のパスを設定する方法は従来は無かった。すなわち、本発明の第2の課題は階層化されたパスが存在する通信ネットワークにおいて、高次のパスを任意のノード間に動的に設定する方法を提供することである。

## 【 0 0 1 3 】

## 【課題を解決するための手段】

本発明によれば、複数のノードと、これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループとを含む通信ネットワークであって、前記ノードは、低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、前記低次パスを交換するスイッチと、高次パスを交換するスイッチと、N本（Nは2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段と、1本の前記高次パスをN本の前記低次パスに分離する分離手段とを有する高次ノードとを含み、任意の2つの前記ノード間に前記低次パスを設定し、任意の2つの前記高次ノードの間に前記高次パスを設定することを特徴とする通信ネットワークが得られる。



## 【 0 0 1 4 】

そして、全ての前記ノードが前記高次ノードであっても良いものである。また、全ての前記ノードと通信が可能で、かつ全ての既存の前記低次パスの経路情報を記録したパステーブルを有する集中制御装置を備え、前記低次パスおよび前記高次パスの設定を前記集中制御装置が主体となって行うことを特徴とする。

## 【 0 0 1 5 】

更に、全ての前記ノードが自ノードを通過する全ての低次パスの経路情報を記録したパステーブルを有するノード制御装置を備え、前記低次パスおよび高次パスの設定を前記ノード制御装置が主体となって行うことを特徴とする。更にはまた、前記低次パスが波長パス、高次パスが波長群パスであることを特徴とする。また、前記低次パスが波長パス、高次パスが光ファイバパスであることを特徴とする。また、低次パスが波長群パス、高次パスが光ファイバパスであることを特徴とする。

## 【 0 0 1 6 】

本発明によれば、低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、前記低次パスを交換するスイッチ、高次パスを交換するスイッチ、 $N$ 本（ $N$ は2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段、1本の前記高次パスを $N$ 本の前記低次パスに分離する分離手段を有する高次ノードと、これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループとを含む通信ネットワークにおけるパス設定方法であって、経路の一部が任意の2つの前記高次ノードを結ぶ区間と一致する $N$ 本（ $N$ は2以上の整数）の低次パスが存在する場合に、該 $N$ 本の低次パスを多重した高次パスを前記区間に設定することを特徴とするパス設定方法が得られる。

## 【 0 0 1 7 】

本発明によれば、低次パスを交換するスイッチを有する低次ノードと、前記低次パスを交換するスイッチ、高次パスを交換するスイッチ、 $N$ 本（ $N$ は2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段、1本の前記高次パスを $N$ 本の前記低次パスに分離する分離手段を有する高次ノードと、これ等ノードの間を接続する複数のリンクグループとを含む通信ネットワークにおける

パス設定方法であって、任意の2つの前記低次ノードまたは前記高次ノードを起点ノードおよび終点ノードとする第1の低次パスの経路上で、既定の順序により前記経路の一部である区間に着目し、経路の一部が前記区間と一致する第2から第N（Nは2以上の整数）の低次パスが存在する場合に第1から第Nの低次パスを多重した高次パスを前記区間に設定することを特徴とするパス設定方法が得られる。

## 【0018】

そして、第1の前記低次パスの経路の長さをLとすると、先ず前記経路の全体である区間に着目し、次に長さがL-1である全ての区間に着目し、以後順に、長さがL-2, L-3, …… , 2である全ての区間に着目することを特徴とし、また第1の前記低次パスの経路の長さをLとすると、先ず前記第1の低次パスの起点ノードを一方の端点とする長さがL, L-1, L-2, …… , 2の区間に着目し、次に前記起点ノードから1ホップ終点ノード側のノードを一方の端点とする長さがL-1, L-2, L-3, …… , 2の区間に着目し、以後I=2, 3, 4, …… , L-2の順で前記起点ノードからIホップ終点ノード側のノードを一方の端点とする長さがL-I, L-I-1, L-I-2, …… , 2の区間に着目することを特徴とする。

本発明によれば、通信ネットワークにおけるノード装置であって、低次パスを交換するスイッチと、高次パスを交換するスイッチと、N本（Nは2以上の整数）の前記低次パスを1本の前記高次パスに多重する多重手段と、1本の前記高次パスをN本の前記低次パスに分離する分離手段と、自ノードを通過する全ての低次パスの経路情報を記録したバステーブルを有するノード制御手段とを含み、前記低次パス及び高次パスの設定を前記ノード制御手段により行うようにしたことを特徴とするノード装置が得られる。

## 【0019】

## 【発明の実施の形態】

本発明の第1の実施の形態における波長多重光通信ネットワークの構成を図1に示す。このネットワークでは16個のノード1-1～1-16が双方向のリンクグループ2によって正方格子状に接続されている。リンクグループ2は8本の

双方向リンクからなる。具体的には、信号を伝送する方向が互いに反対の2本の光ファイバからなり、それぞれの光ファイバに8波長の光信号が波長多重されている。

#### 【0020】

本実施の形態では、波長パス、波長群パスは双方向であるとし、パスの一方の端点を起点ノード、もう一方の端点を終点ノードと呼び、パスの途中のノードから見て起点ノード側を上り方向、終点ノード側を下り方向と呼ぶことにする。また、各ノードは制御信号線6を介して集中制御装置5と通信を行えるようになっているものとする。なお、集中制御装置5は、トポロジータブル40と、パステーブル41と、ポートテーブル42と、ルーティングテーブル43とを有しており、これ等については後述する。

#### 【0021】

ノード1の構成を図2に示す。ノード1はノード制御装置7、クロスコネクタ装置8、クライアント装置30からなる。ノード制御装置7は制御信号線6によって集中制御装置5に接続され、制御信号線9によって隣接ノードのノード制御装置7と接続されている。制御信号線6や制御信号線9はパス設定などに必要な制御情報の通信に用いられる。

#### 【0022】

クロスコネクタ装置8には、入力光ファイバ20と出力光ファイバ21とが接続されている。入力光ファイバ20と出力光ファイバ21はリンクグループ2を構成する光ファイバであり、隣接ノードと接続されている。例えば、ノード1-6の場合は、入力光ファイバ20-1と出力光ファイバ21-1とがノード1-2に、入力光ファイバ20-2と出力光ファイバ21-2とがノード1-5に、入力光ファイバ20-3と出力光ファイバ21-3とがノード1-7に、入力光ファイバ20-4と出力光ファイバ21-4とがノード1-10に、それぞれ接続されている。

#### 【0023】

ネットワークの周辺部のノードでは、2または3方路にしか接続されていないので、その場合は2本または1本の入力光ファイバ20と出力光ファイバ21が

余ることになる。クライアント装置 3 0 は典型的には I P (Internet Protocol) ルータであり、波長パスや波長群パスを介して他のノードのクライアント装置 3 0 と通信を行う。

#### 【 0 0 2 4 】

クロスコネクト装置 8 の構成を図 3 に示す。クロスコネクト装置 8 は入力光ファイバ 2 0 - 1, 2 0 - 2, 2 0 - 3, 2 0 - 4 と出力光ファイバ 2 1 - 1, 2 1 - 2, 2 1 - 3, 2 1 - 4 との間で、波長パスおよび波長群パスの交換を行う。入力光ファイバ 2 0 - 1 ~ 2 0 - 4 から入力された波長  $\lambda_1 \sim \lambda_8$  の波長多重光信号は、波長群分離器 1 4 - 1 ~ 1 4 - 4 により、波長  $\lambda_1 \sim \lambda_4$  からなる波長群 G 1 と、波長  $\lambda_5 \sim \lambda_8$  からなる波長群 G 2 との 2 つの波長多重光信号にそれぞれ分離される。

#### 【 0 0 2 5 】

波長群 G 1 の波長多重光信号はそのまま光スイッチ 1 6 に入力され、波長群 G 2 の波長多重光信号は波長分離器 1 0 - 3 ~ 1 0 - 6 に入力される。波長分離器 1 0 - 3 ~ 1 0 - 6 に入力された波長群 G 2 の波長多重光信号は波長  $\lambda_5, \lambda_6, \lambda_7, \lambda_8$  の光信号に更に分離され、光受信器 1 2 によって電気信号に変換された後、電気スイッチ 1 7 に入力される。光スイッチ 1 6 の 2 つの出力ポートから出力された波長群 G 1 の波長多重光信号は波長分離器 1 0 - 1, 1 0 - 2 により波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  の光信号に分離され、光受信器 1 2 により電気信号に変換された後、電気スイッチ 1 7 に入力される。また、電気スイッチ 1 7 の 2 つの入力ポートと 2 つの出力ポートは、それぞれクライアント装置 3 0 に接続されている。

#### 【 0 0 2 6 】

一方、電気スイッチ 1 7 の 8 つの出力ポートから出力された電気信号は、光送信器 1 3 - 1 ~ 1 3 - 8 により波長  $\lambda_1, \lambda_2, \lambda_3, \lambda_4$  の光信号に変換され、波長多重器 1 1 により波長群 G 1 の波長多重光信号に多重されて光スイッチ 1 6 に入力される。光スイッチ 1 6 は 6 個の入力ポートと 6 個の出力ポートの間で波長群単位での交換を行い、電気スイッチ 1 7 は 2 6 個の入力ポートと 2 6 個の出力ポートの間で波長単位での交換を行う。

## 【 0 0 2 7 】

光スイッチ 1 6 から出力された波長群 G 1 の波長多重光信号はそのまま波長群多重器 1 5 に入力され、電気スイッチ 1 7 から出力された電気信号は光送信器 1 3 により波長  $\lambda 5$ ,  $\lambda 6$ ,  $\lambda 7$ ,  $\lambda 8$  の光信号に変換され、波長多重器 1 1 により波長群 G 2 の波長多重光信号に多重されて波長群多重器 1 5 に入力される。波長群多重器 1 5 は波長群 G 1 と波長群 G 2 との波長多重光信号を多重して出力光ファイバ 2 1 - 1 ~ 2 1 - 4 に出力する。

## 【 0 0 2 8 】

光スイッチ 1 6 と電気スイッチ 1 7 のポートには、図中に示したように、それぞれ b 1 ~ b 6、w 1 ~ w 2 6 というポート番号が付けられている。双方向パスを仮定しているので、1 つのパスに対して入力ポートと出力ポートとが対となって割り当てられ、この対を 1 つのポート番号で表す。

## 【 0 0 2 9 】

以下では、このネットワークにおいて、波長パスと波長群パスを設定する方法を示す。本実施の形態は集中制御型のネットワークであり、集中制御装置 5 が波長パスの経路を決定する。そのため、集中制御装置 5 はノード間の接続や波長の使用状況を示すトポロジータブル 4 0 と、波長パスおよび波長群パスのパス番号、経路等を記録するパステーブル 4 1 とを備えている。

## 【 0 0 3 0 】

波長パスおよび波長群パスを設定するための制御は図 6 のフローチャートに示すアルゴリズムに基づいて行われる。いま、このネットワークでは図 4 に示すように、波長パス 3 - 1, 3 - 2, 3 - 3, 3 - 4, 3 - 5, 3 - 6 が設定されているとする。ここで、ノード 1 - 1 を起点とし、ノード 1 - 1 6 を終点とする波長パス 3 - 7 を設定する場合を考える。

## 【 0 0 3 1 】

集中制御装置 5 は、先ずトポロジータブル 4 0 を参照し、未使用波長のあるリンクグループ 2 だけを用いた起点ノード 1 - 1 から終点ノード 1 - 1 6 までの最短経路を計算する（ステップ S 1）。このような経路計算の方法としては、B. Davie et al., "MPLS Technology and Applications," Morgan Kaufmann Publi

shers, 2000 の 175 から 180 ページに記述されている CSPF アルゴリズム等を用いることが出来る。ここでは、図 5 に波長パス 3-7 として示した経路が得られたとし、以後、この経路を R1 と呼ぶ。

#### 【0032】

集中制御装置 5 は変数 I の値として 0 をセットし、変数 K の値として経路 R1 のホップ数 L、すなわち 6 をセットする（ステップ S2）。ここで、経路 R1 上で I 番目のノード、すなわちノード 1-1 をノード X とし、ノード X から経路 R1 上で K ホップ終点ノード側のノード、すなわちノード 1-16 をノード Y とする（ステップ S3～S5）。

#### 【0033】

ノード X とノード Y の両方が波長群スイッチを持っているとき、集中制御装置 5 はパステブル 41 を検索して、ノード X とノード Y の間の区間 XY を通る既存の波長パス 3 を探す（ステップ S6, 7）。本実施の形態では、全てのノード 1 が波長群スイッチとして光スイッチ 16 を持っているので、この検索は必ず行われるが、仮にノード X または Y のどちらかが波長群スイッチを持っていない場合は検索を行わない。ここでは、区間 XY は経路 R1 そのものであり、この区間を通る既存の波長パスは存在しない（ステップ S8）。

#### 【0034】

次に、集中制御装置 5 は I を  $L - K - 1$  と比較する（ステップ S9）。ここでは  $I = 0$ 、 $L - K - 1 = -1$  なので  $I > L - K - 1$  であり、集中制御装置 5 は K から 1 を減じて  $K = 5$  とする（ステップ S10）。ここまですでに分かるように、K は既存波長パスの検索を行う区間 XY のホップ数を示している。

#### 【0035】

続いて、集中制御装置 5 は、再び  $I = 0$ （ステップ S11, S3, S4）として、区間 XY を通る既存波長パスを検索する。ここで、区間 XY は経路 R1 上のノード 1-1 からノード 1-12 までの区間である。この経路を通る既存波長パスも存在しないので、I を  $L - K - 1$  と比較すると、今度は  $I = L - K - 1 = 0$  となる。そこで、集中制御装置 5 は I に 1 を加えて  $I = 1$  とする（ステップ S4）。今度は区間 XY はノード 1-2 から 1-16 までとなるが、この経路を通る

既存波長パスはやはり存在しない。今度は  $I = 1$ 、 $L - K - 1 = 0$  で  $I > L - K - 1$  なので、集中制御装置 5 は  $K$  から 1 を減じて  $K = 4$  とする。

## 【0036】

以後、集中制御装置 5 は同様の制御を続けるが、その結果区間  $XY$  として、

(1-1, 1-16), (1-1, 1-12), (1-2, 1-16),  
 (1-1, 1-8), (1-2, 1-12), (1-3, 1-16),  
 (1-1, 1-4), (1-2, 1-8), (1-3, 1-12),  
 (1-4, 1-16), (1-1, 1-3), (1-2, 1-4),  
 (1-3, 1-8), (1-4, 1-12), (1-8, 1-16)

となり (ただし、区間  $XY$  を  $(X, Y)$  と表す)、この順番で検索が行われる。

## 【0037】

つまり、検索を行う区間  $XY$  を始点ノードから終点ノードの方向へ 1 ホップずつずらしていき、終点に達したら区間  $XY$  の長さ  $K$  を 1 ホップ短くして再び始点ノードから終点ノードの方向へ 1 ホップずつずらしながら検索していく。区間  $XY$  の長さ  $K$  が 1 になったら検索を終了する (ステップ S11)。

## 【0038】

以上のように既存波長パスの検索を行うと、まず、区間 (1-4, 1-16) を通る既存波長パスとして波長パス 3-4, 3-5, 3-6 が見つかる (以後、見つかった波長パスを一致パスと呼ぶ) (ステップ S7)。一致パスの数が (波長群を形成する波長数) - 1 以上であるとき、すなわち本実施の形態では 3 以上であるとき (ステップ S8)、集中制御装置 5 はここに波長群パス 4-1 を設定し、今設定しようとしている波長パス 3-7 と一致パスである波長パス 3-4, 3-5, 3-6 とを設定した波長群パス 4-1 に多重しようとする (以後、複数の波長パスを波長群パスに多重することをアグリゲート、波長群パスを複数の波長群パスに分離することをディスアグリゲートと呼ぶ)。波長群パスの設定は図 7 のフローチャートに示すアルゴリズムに基づいて行われる。

## 【0039】

集中制御装置 5 は、各ノード 1 のポートの使用状況や、隣接ノードのポートとの接続関係、ポートと波長との対応関係等を示すポートテーブル 42 と、各ノ-

ドで波長パスや波長群パスがどのポートに割り当てられているかを示すルーティングテーブル 4 3 も持っている。先ず集中制御装置 5 は、ノード X がアグリゲート可能かどうかを調べる（ステップ S 2 0）。

#### 【 0 0 4 0 】

具体的には、

(1) 光スイッチ 1 6 のポート b 1 ～ b 4 のうち、下流ノードに接続されたポートに 1 ポート以上の空きがあるか？

(2) 光スイッチ 1 6 のポート b 5 ～ b 6 に 1 ポート以上の空きがあるか？  
の 2 つを調べる（ステップ S 2 0）。

#### 【 0 0 4 1 】

ポートの使用状況はポートテーブル 4 2 を参照することにより得られる。これらの条件が共に満たされれば、次に集中制御装置 5 は X と Y の間のそれぞれのノード 1（中継ノード）の光スイッチ 1 6 のポート b 1 ～ b 4 のうち、下流ノードに接続されたポートに 1 ポート以上の空きがあるかを調べる（ステップ S 2 1）。全てのの中継ノードに未使用ポートがあれば、続いてノード Y が波長群パスをデイスアグリゲート可能かどうかを調べる。ここでは光スイッチ 1 6 のポート b 5 ～ b 6 に 1 ポート以上の空きがあるかを調べる（ステップ S 2 2）。

#### 【 0 0 4 2 】

以上のステップ S 2 0 ～ S 2 2 の条件のうち、仮にどれか 1 つでも満たされない場合は波長群パス 4 の設定は中止されるが、ここでは全ての条件が満たされる。そこで集中制御装置 5 は、区間 X Y の全てのノード 1 のルーティングテーブルを修正して、ノード X を起点ノードとしノード Y を終点ノードとする波長群パス 4 - 1 を設定する。

#### 【 0 0 4 3 】

先ず、ノード X であるノード 1 - 4 のルーティングテーブルは修正前は図 1 2 (A) のようになっているが、これを図 1 2 (B) のように修正する。つまり、まず波長群パス 4 - 1 に対して、上流ポートとして光スイッチ 1 6 の電気スイッチ 1 7 に接続されている未使用ポートであるポート b 5 を、下流ポートとして光スイッチ 1 6 の下流ノード（ノード 1 - 8）に接続されている未使用ポートであ



るb2を割り当てる。波長パス3-4, 3-5, 3-6に対しては、下流ポートとして元々w13, w14, w15が割り当てられていたのを、波長群パス4-1の上流ポートb5に接続されているw1, w2, w3を割り当てるように変更する(ステップS23)。

#### 【0044】

次に、中継ノード1-8, 1-12のルーティングテーブルを修正する。波長群パス4-1に対して、上流ポートとしては上流ノードに割り当てた下流ポートに接続されている光スイッチ16のポート(あるノードのどのポートと隣接ノードのどのポートとが接続されているかは、ポートテーブル42を参照して知ることが出来る)を、下流ポートとしては下流ノードに接続された光スイッチ16の未使用ポートを割り当てる。波長パス3-4, 3-5, 3-6に対しては、上流ポート、下流ポートとして割り当てていたポートを全て解放する(ステップS24)。

#### 【0045】

最後に、ノードYであるノード1-16のルーティングテーブル43を修正する。波長群パス4-1に対して、上流ポートとしては上流ノード(ノード1-12)に割り当てた下流ポートに接続されている光スイッチ16のポートを、下流ポートとしては電気スイッチ17に接続されている光スイッチ16の未使用ポートを割り当てる。波長パス3-4, 3-5, 3-6に対しては上流ポートとしては元々電気スイッチ17の上流ノード(ノード1-12)に接続されているポートが割り当てられていたのを、波長群パス4-1の下流ポートとして割り当てた光スイッチ16のポートに接続されているポートを割り当てるように変更する(ステップS25)。

#### 【0046】

以上により波長群パス4-1が設定され、この中を波長パス3-4, 3-5, 3-6が通るようになるので、集中制御装置5は図6のフローチャートに戻り一致パスの検索を続ける(ステップS9)。

#### 【0047】

検索を続けると、次に区間(1-1, 1-3)で一致パスとして波長パス3-

1、3-2、3-3が見つかる。ここでも波長群パス4-1の場合と同様に波長群パス4-2が設定され、この中を波長パス3-1、3-2、3-3が通るようになる。

#### 【0048】

以上のようにして、波長パス3-7の設定に伴う波長群パス4の設定が終了すると、波長パス3-7のための経路R1上の各ノード1のルーティングテーブル43の設定が行われる（ステップS12）。先ず起点ノード（ノード1-1）の上流ポートとしてクライアント装置30に接続されている未使用ポートを、下流ポートとして波長群パス4-2に割り当てた上流ポートに接続された電気スイッチ17の未使用ポートを割り当てる。ノード1-2では波長パス3-7は波長群パス4-2の中を通っているので、ポートの割り当ては行わない。

#### 【0049】

ノード1-3では、上流ポートとしては上流ノード（ノード1-1）で波長パス3-7に割り当てた下流ポートに接続されたポート（ノード1-1とノード1-3のポートテーブル42を参照し、ポートと波長の対応関係からノード1-1のどのポートとノード1-3のどのポートが接続されているかを知ることが出来る）を割り当て、下流ポートとしては下流ノード（ノード1-4）に接続された電気スイッチ17の未使用ポートを割り当てる。

#### 【0050】

以後同様に、波長群パスの設定されていない区間では、下流ノードに接続された電気スイッチ17の未使用ポートを、波長群パスが設定されている区間では波長群パスの中を通すためのポートを、それぞれ割り当てることにより、波長パス3-7に対する全てのノードのルーティングテーブル43の設定が行われる。

#### 【0051】

最後に、集中制御装置5から経路R1上の各ノード1に、ルーティングテーブル43に従うように光スイッチ16および電気スイッチ17の切り換えコマンドを送ると、波長パス3-7の設定が完了する。

#### 【0052】

波長群パス4-1、4-2を設定した場合としない場合の各ノード1の光スイ

ッチ 16 と電気スイッチ 17 の所要ポート数の合計に着目すると、波長群パス 4 を設定したことにより、波長群パスの端点であるノード 1-1, 1-3, 1-4, 1-16 では所要ポート数がそれぞれ 2 ポート増加するが、波長群パスの中継ノードであるノード 1-2, 1-8, 1-12 ではそれぞれ 6 ポート減少する。従って、差し引きで、計 10 ポートが波長群パス 4 を設定したことにより削減されたことになる。

## 【0053】

図 5 から分かるとおり、本実施の形態では、起点ノードまたは終点ノードの互いに異なる複数の波長パス 3 を波長群パス 4 にアグリゲートすることが可能になっている。これにより、それぞれの波長パス 3 の起点ノードと終点ノードの間には 1 波長分のデマンドしかないにも関わらず、それらの波長パス 3 をアグリゲートして波長群パス 4 を設定することが出来る。

## 【0054】

また、本実施の形態では全てのノード 1 が波長群パスのスイッチングを行う光スイッチ 16 を持っているので、任意のノードで必要に応じて波長群パスへのアグリゲート、波長群パスからのディスアグリゲートが出来る。その結果、波長パスの経路は常に最短になるし、また、波長群パスの中の波長が未使用のまま残ることもない。

## 【0055】

本発明の第 2 の実施の形態における波長多重光通信ネットワークの構成を図 8 に示す。このネットワークの構成は集中制御装置 5 と制御信号線 6 が無いことを除けば、第 1 の実施の形態のネットワークの構成に等しい。本実施の形態のノード 1 の構成を図 9 に示す。ノード 1 はノード制御装置 7 の内部にトポロジテーブル 40、パステーブル 41、ポートテーブル 42、ルーティングテーブル 43 を持っており、また、制御信号線 6 は無い。それ以外は第 1 の実施の形態のノード 1 の構成に等しい。

## 【0056】

本実施の形態は分散制御型のネットワークであり、波長パス 3 の起点となるノード 1 が波長パス 3 の経路を決定する。波長パス 3 および波長群パス 4 を設定す

るための制御は図 1 0 のフローチャートに示すアルゴリズムに基づいて行われる。

#### 【 0 0 5 7 】

ここでも、第 1 の実施の形態の場合と同様に、図 4 に示すように、波長パス 3 - 1, 3 - 2, 3 - 3, 3 - 4, 3 - 5, 3 - 6 が既に設定されている状態で、あらたにノード 1 - 1 を起点とし、ノード 1 - 1 6 を終点とする波長パス 3 - 7 を設定する場合を考える。

#### 【 0 0 5 8 】

ノード 1 - 1 のノード制御装置 7 はトポロジーテーブル 4 0 を参照して、未使用波長のあるリンクグループ 2 だけを用いて、起点ノード 1 - 1 から終点ノード 1 - 1 6 までの最短経路を計算する (ステップ S 3 0)。ここでも、第 1 の実施の形態の場合と同じ経路が得られたとし、これを経路 R 1 と呼ぶことにする。

#### 【 0 0 5 9 】

続いて、ノード 1 - 1 は変数 I に 0 をセットし (ステップ S 3 1)、起点ノードから I ホップ目のノード、すなわち自ノードをノード X とする。ノード 1 - 1 が波長群スイッチ可能であるかどうかによって次の処理が変わるが、本実施の形態では、全てのノード 1 が光スイッチ 1 6 を持っているので、波長群スイッチ可能である (ステップ S 3 2, 3 4)。

#### 【 0 0 6 0 】

そこで、ノード 1 - 1 は変数 K に  $L - I$  をセットする (ステップ S 3 3)。ここで、L は起点ノードから終点ノードまでのホップ数であり、I は 0 なので、 $K = L = 6$  となる。また、ノード 1 - 1 はノード X から K ホップ下流のノード 1 をノード Y とする。ここでは、終点ノードであるノード 1 - 1 6 がノード Y となる。ノード 1 - 1 のパステーブル 4 1 には、自ノードを通過する全ての波長パス 3 および波長群パス 4 のパス番号と経路が記録されている。

#### 【 0 0 6 1 】

そこで、ノード 1 - 1 はこのパステーブルを検索し、区間 X Y を通過する既存の波長パス 3 を探す (ステップ S 3 5)。ここでは、条件を満たす既存の波長パス 3 が無いので (ステップ S 3 6)、ノード 1 - 1 は K から 1 を減じて  $K = 5$  と

する（ステップS37）。ノード1-1は新しいKの値によるノードYに基づいて、再び区間XYを通過する既存の波長パス3を検索するが、ここでも条件を満たす波長パス3は存在しない。

#### 【0062】

以後、Kを1ずつ減じながら区間XYを通過する波長パス3を検索すると、 $K=2$ のときに区間（1-1，1-3）を通過する波長パス3-1，3-2，3-3が見つかる（以後、見つかった波長パスを一致パスと呼ぶ）。一致パスの数が（波長群を形成する波長数）-1以上であるとき、すなわち本実施の形態では3以上であるとき（ステップS36）、ノード1-1はノードXを起点ノードとしノードYを終点ノードとする波長群パス4-2を設定し、今設定しようとしている波長パス3-7と一致パスである波長パス3-1，3-2，3-3とを設定した波長群パスに多重しようとする。

#### 【0063】

波長群パス4-2の設定は、図11に示したアルゴリズムに基づいて行われる。まず、ノード1-1はポートテーブル42を参照し、自ノードでアグリゲートが可能かどうかを調べる（ステップS50）。具体的には、

（3）光スイッチ16のポートb1～b4のうち、下流ノードに接続されたポートに1ポート以上の空きがあるか？

（4）光スイッチ16のポートb5～b6に1ポート以上の空きがあるか？  
の2つを調べる。

#### 【0064】

これらの（3），（4）条件が共に満たされれば、次にノード1-1は、ノードY（ノード1-3）宛のシグナリングパケットを生成し、下流ノード（ノード1-2）に送る。このシグナリングパケットには、今設定しようとしているパスのパス番号（4-2）、パスの種類（波長群パス）、起点ノード（ノード1-1）、終点ノード（ノード1-3）等の情報が含まれている。

#### 【0065】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-2は、波長群スイッチ16のポートb1～b4のうち、下流ノードに接続されたポートに1ポート以上の空きが

あるかを調べる（ステップS51）。空きがある場合、ノード1-2はシグナリング packets を下流ノード（ノード1-3）に転送する。

【0066】

シグナリング packets を受け取ったノード1-3は、自ノードが波長群パスをディスアグリゲート可能かどうかを調べる（ステップS52）。具体的には、光スイッチ16のポートb5～b6に1ポート以上の空きがあるかを調べる。

【0067】

以上のステップS50～S52の条件のうち、仮にどれか1つでも満たされないものがある場合は、波長群パス4-2の設定が不可能であることを示すシグナリング packets がノードX（ノード1-1）に送り返され、波長群パス4-2の設定は中止される。その場合、ノードX（ノード1-1）は波長パス3-7の設定を再開し、電気スイッチ17のポートを割り当てる。まず、上流ポートとしては、クライアント装置30に接続されている未使用ポートを割り当て、下流ポートとしては、下流ノード（ノード1-2）に接続された未使用ポートを割り当てる（ステップS39）。続いて、ノード1-1は下流ノード（ノード1-2）にシグナリング packets を送り、波長パス3-7の設定を継続する（ステップS40, S43）。

【0068】

ここでは上記のステップS50～S52の全ての条件が満たされるので、ノード1-3は自らのルーティングテーブル43を修正し、波長群パス4-2にポートを割り当てる。下流ポートとしては光スイッチ16の電気スイッチ17に接続されているポート、すなわちポートb5、b6のうちの未使用ポートを割り当て、上流ポートとしては上流ノード（ノード1-2）に接続された光スイッチ16の未使用ポートを割り当てる。また、波長パス3-1, 3-2, 3-3に対しては、上流ポートとして元々電気スイッチ17の上流ノードに接続されているポートが割り当てられていたのを、波長群パス4-2の下流ポートとして割り当てた光スイッチ16のポートに接続されているポートを割り当てるように変更する。このとき、パス番号の小さい波長パスにポート番号の小さいポートを割り当てるようにする（ステップS53）。

## 【0069】

続いて、ノード1-3はノード1-1宛のシグナリングパケットを生成し、これを上流ノード（ノード1-2）に送る。このシグナリングパケットには、設定しようとするパスのパス番号（4-2）、パスの種類（波長群パス）、起点ノード（ノード1-1）、終点ノード（ノード1-3）、このパスの設定が可能であること、下流ノード（ノード1-3）が上流ポートとして割り当てたポート番号などの情報が含まれている。

## 【0070】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-2も、自らのルーティングテーブル43を修正して波長群パス4-2にポートを割り当てる。まず、受け取ったシグナリングパケットから、下流ノード（ノード1-3）が上流ポートとして割り当てたポート番号を知り、次に、自らのポートテーブル42を参照してそのポートが接続されている自ノードのポートの番号を知る。これを下流ポートとして割り当てる。上流ポートとしては、上流ノード（ノード1）-1に接続された光スイッチ16の未使用ポートを割り当てる。また、波長パス3-1，3-2，3-3に対して割り当てていたポートは全て解放する（ステップS54）。

## 【0071】

続いてノード1-2は、シグナリングパケット中のポート番号を自らが割り当てた上流ポートの番号に書き換え、これを上流ノード（ノード1-1）に転送する。

## 【0072】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-1は、波長群パス4-2に対して、下流ポートとしては下流ノード（ノード1-2）が割り当てた上流ポートに接続されているポートを割り当て、上流ポートとしては、光スイッチ16の電気スイッチ17に接続されている未使用ポートを割り当てる。また、波長パス3-1，3-2，3-3に対しては、下流ポートとして下流ノード（ノード1-2）に接続されている電気スイッチ17のポートが割り当てられていたのを、波長群パス4-2に割り当てた上流ポートに接続されているポートを割り当てるように変更する。このとき、パス番号の小さい波長パスにポート番号の小さいポートを

割り当てるようにする（ステップS55）。

#### 【0073】

以上により、波長群パス4-2が設定され、この中を波長パス3-1、3-2、3-3が通るようになるので、再び図10のフローチャートに戻り、波長パス3-7の設定が継続される（ステップS41）。ノード1-1は波長パス3-7に電気スイッチ17のポートを割り当てる。まず上流ポートとしては、クライアント装置30に接続されている未使用ポートを割り当て、下流ポートとしては、波長群パス4-2に割り当てた上流ポートに接続されている未使用ポートを割り当てる。

#### 【0074】

ここまでの手順の前と後のノード1-1のルーティングテーブル43は、本実施の形態でも第1の実施の形態の場合と同様に図12（A）と図12（B）に示す通りになる。続いて、ノード1-1は波長パス3-7の終点ノード（ノード1-16）宛のシグナリングパケットを生成し、これを下流ノード（ノード1-2）に送る。このシグナリングパケットには設定するパスのパス番号（3-7）、パスの種類（波長パス）、起点ノード（ノード1-1）、終点ノード（ノード1-16）、自ノードがこのパスに割り当てた下流ポートのポート番号、最後に設定した波長群パス4の終点ノードの番号（ノード1-3）等の情報が含まれている。

#### 【0075】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-2は、まず、シグナリングパケットの中の最後に設置した波長群パス4の終点ノードの番号を参照する。ここに書かれているノード番号（ノード1-3）は、ノード1-2より下流なので、ノード1-2はこのシグナリングパケットを単に下流ノード（ノード1-3）に転送する。

#### 【0076】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-3は、まず、シグナリングパケットの中の最後に設置した波長群パス4の終点ノードの番号を参照する。ここに書かれているノード番号（ノード1-3）は自ノードの番号なので、ノード1-



3は波長パス3-7に電気スイッチ17のポートを割り当てる。上流ポートとしては波長群パス4-2に割り当てた下流ポートに接続された未使用ポートを割り当て、下流ポートとしては下流ノード（ノード1-4）に接続されている未使用ポートを割り当てる（ステップS41）。続いて、ノード1-3はシグナリングパケットの中の下流ポート番号を、自らが波長パス3-7に割り当てた下流ポートのポート番号に書き換え、これを下流ノード（ノード1-4）に転送する。

## 【0077】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-4は、先ず、シグナリングパケットの中の最後に設置した波長群パス4の終点ノードの番号を参照する。ここに書かれているノード番号（ノード1-3）はノード1-4より上流なので、ノード1-4は一致パスの検索を開始する（ステップS42, S43, S32, S33）。一致パスの検索は、ノード1-1が行ったのと同じ方法により行われる。ここで検索される区間XYは、

(1-4, 1-16),

(1-4, 1-12), (1-8, 1-16)

の順になる。この場合は、区間(1-4, 1-16)を通る波長パス3として波長パス3-4、3-5、3-6が見つかる。そこで、再び波長群パス4-2の場合と同様に、図11に示したアルゴリズムに従って波長群パス4-1が設定される。

## 【0078】

波長群パス4-1が設定され、波長パス3-4、3-5、3-6が波長群パス4-1の中を通るように、ノード1-4、1-8、1-12、1-16のルーティングテーブル43が修正されると、ノード1-4は波長パス3-7に対して電気スイッチ17のポートを割り当てる。上流ポートとしてはノード1-3から受け取ったシグナリングパケットに書かれているノード1-3が割り当てた上流ポートに接続されているポートを割り当て、下流ポートとしては波長群パス4-1に割り当てた上流ポートに接続されている未使用ポートを割り当てる（ステップ41）。

## 【0079】

続いて、ノード1-4はノード1-3から受け取ったシグナリングパケットの中の、下流ポートのポート番号、および、最後に設定した波長群パス4のノードYの番号を書き換えて下流ノード（ノード1-8）に送る。このシグナリングパケットをノード1-8、1-12はそのまま下流ノードに転送する。

## 【0080】

ノード1-16がシグナリングパケットを受信すると、ノード1-16は波長パス3-7に対して電気スイッチ17のポートを割り当てる。先ず、上流ポートとしては、ノード1-16は波長群パス4-1の終点ノードなので、波長群パス4-1に割り当てた下流ポートに接続されている未使用ポートを割り当てる。また、下流ポートとしては、ノード1-16は波長パス3-7の終点ノードなので、クライアント装置30に接続されている未使用ポートを割り当てる（ステップS41, S42の後, S43でNO）。

## 【0081】

続いて、ノード1-16はルーティングテーブル43の内容に従って光スイッチ16および電気スイッチ17を切り換える。さらに、ノード1-1宛のシグナリングパケットを生成し、これを上流ノード（ノード1-12）に送る。このシグナリングパケットには、設定するパスのパス番号（3-7）、パスの種類（波長パス）、起点ノード（ノード1-1）、終点ノード（ノード1-16）およびこのパスに対するポートの割り当てが完了したこと等の情報が含まれている。

## 【0082】

シグナリングパケットを受け取ったノード1-12は、ルーティングテーブル43の内容に従って光スイッチ16および電気スイッチ17を切り換え、シグナリングパケットを上流ノード（ノード1-8）に転送する。

## 【0083】

以後同様に、ノード1-8、1-4、1-3、1-2がルーティングテーブル43の内容に従って光スイッチ16および電気スイッチ17を切り換え、シグナリングパケットを上流ノードに転送する。

## 【0084】

最後にノード1-1がシグナリングパケットを受け取り、ルーティングテーブ

ル 4 3 の内容に従って光スイッチ 1 6 および電気スイッチ 1 7 を切り換えると、波長パス 3 - 7、波長群パス 4 - 1、波長群パス 4 - 2 の設定が完了する。

## 【 0 0 8 5 】

本実施の形態によっても、第 1 の実施の形態で得られたのと同じ効果が得られる。これ等第 1 および第 2 の実施の形態において、ノード 1 の数、ノード 1 のポート数、リンクグループの数、リンクグループを構成するリンクの数、ネットワークの構成等は任意に設定することが出来る。

## 【 0 0 8 6 】

本発明による第 1 および第 2 の実施の形態では、全てのノード 1 が波長群スイッチである光スイッチ 1 6 を備えているが、必ずしも全てのノード 1 が波長群スイッチを備えている必要はない。全てのノード 1 が波長群スイッチを備えていない場合でも図 6、図 7 または図 1 0、図 1 1 のフローチャートにより示したアルゴリズムを用いて波長群パス 4 を設定することが出来る。

## 【 0 0 8 7 】

上記第 1 および第 2 の実施の形態では、波長スイッチとして電気スイッチ 1 7 を、波長群スイッチとして光スイッチ 1 6 を用いたが、波長スイッチとして光スイッチを用いることも、波長群スイッチとして電気スイッチを用いることも可能である。

## 【 0 0 8 8 】

また上記第 1 および第 2 の実施の形態では、低次のパスとして波長パスを、高次のパスとして波長群パスを用いたが、低次のパスおよび高次のパスはこれらに限らない。例えば、低次のパスとして波長群パス、高次のパスとして光ファイバ単位でのスイッチングを行う光ファイバパスを用いても良いし、低次のパスとして波長パス、高次のパスとして光ファイバパスを用いても良い。

## 【 0 0 8 9 】

更に、上記第 1 および第 2 の実施の形態は、波長多重光通信ネットワークであるが、本願の発明はそれ以外の通信ネットワークにも適用することが出来る。例えば、SONET のような時分割多重技術を用いた通信ネットワークでも、時分割多重度の低いパスを低次のパス、高いパスを高次のパスとして、第 1、第 2 の

実施の形態と同じようにして低次のパスを高次のパスにアグリゲートすることができる。

#### 【0090】

更にはまた、第1の実施の形態は集中制御型、第2の実施の形態は分散制御型としたが、第1の実施の形態で用いた図6、図7のアルゴリズム、第2の実施の形態で用いた図10、図11のアルゴリズムは、何れも集中制御型でも分散制御型でも実現することが出来る。

#### 【0091】

##### 【発明の効果】

以上、発明の実施の形態において詳細に説明したように、本発明を用いることにより、低次のパスと高次のパスを自由に混在させるネットワークを構成することが出来る。すなわち、2つのノード間に高次のパスの帯域と比べて小さなデマンドしか無くて、従来の技術では高次のパスを設定してもその帯域を余らせてしまうような場合でも、起点ノードや終点ノードの異なる複数の低次のパスをアグリゲートして高次のパスを設定し、かつ、高次のパスの帯域を有効に活用することが出来る。高次のパスを設定することにより、必要となるノード資源を削減することが出来る。

#### 【0092】

また、本発明を用いることにより、階層化されたパスが存在するネットワークにおいて、高次のパスを任意の場所で動的に設定することが出来る。

##### 【図面の簡単な説明】

##### 【図1】

第1の実施の形態の通信ネットワークの構成図である。

##### 【図2】

第1の実施の形態のノードの構成図である。

##### 【図3】

第1の実施の形態のクロスコネクタ装置の構成図である。

##### 【図4】

第1の実施の形態の波長群パス設定前の状態を示す図である。

【図 5】

第 1 の実施の形態の波長群パス設定後の状態を示す図である。

【図 6】

第 1 の実施の形態のパス設定アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 7】

第 1 の実施の形態のパス設定アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 8】

第 2 の実施の形態の通信ネットワークの構成図である。

【図 9】

第 2 の実施の形態のノードの構成図である。

【図 1 0】

第 2 の実施の形態のパス設定アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 1 1】

第 2 の実施の形態のパス設定アルゴリズムを示すフローチャートである。

【図 1 2】

実施の形態におけるノード X におけるルーティングテーブルの具体例を示し、  
(A) は修正前、(B) は修正後のものである。

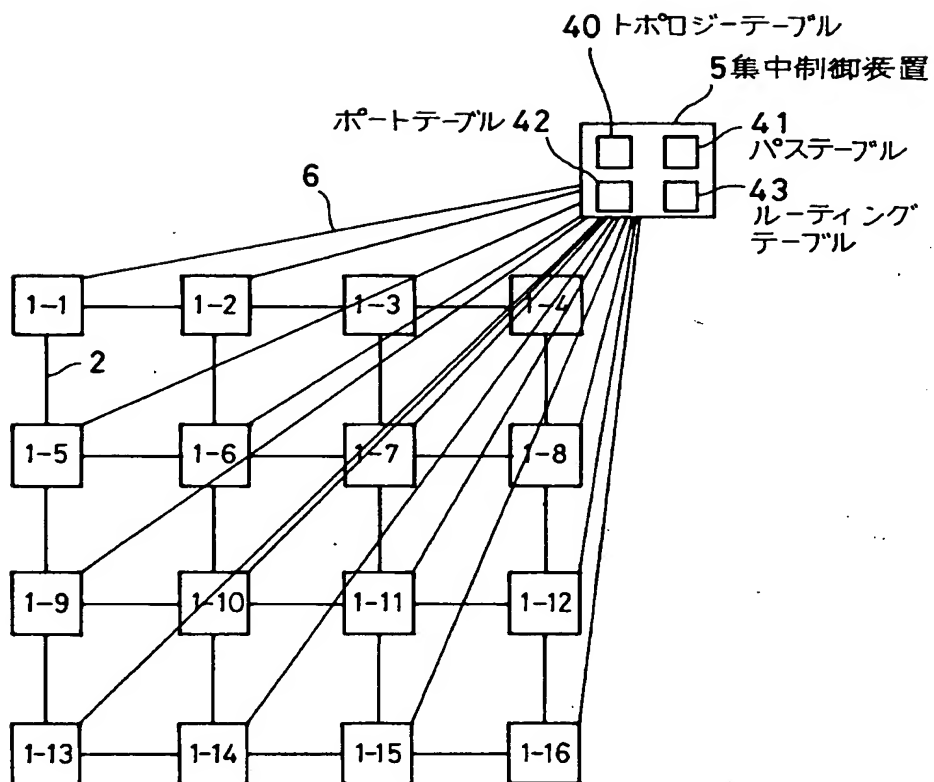
【符号の説明】

- 1      ノード
- 2      リンクグループ
- 3      波長パス
- 4      波長群パス
- 5      集中制御装置
- 6      制御信号線
- 7      ノード制御装置
- 8      クロスコネクタ装置
- 9      制御信号線
- 1 0    波長分離器
- 1 1    波長多重器

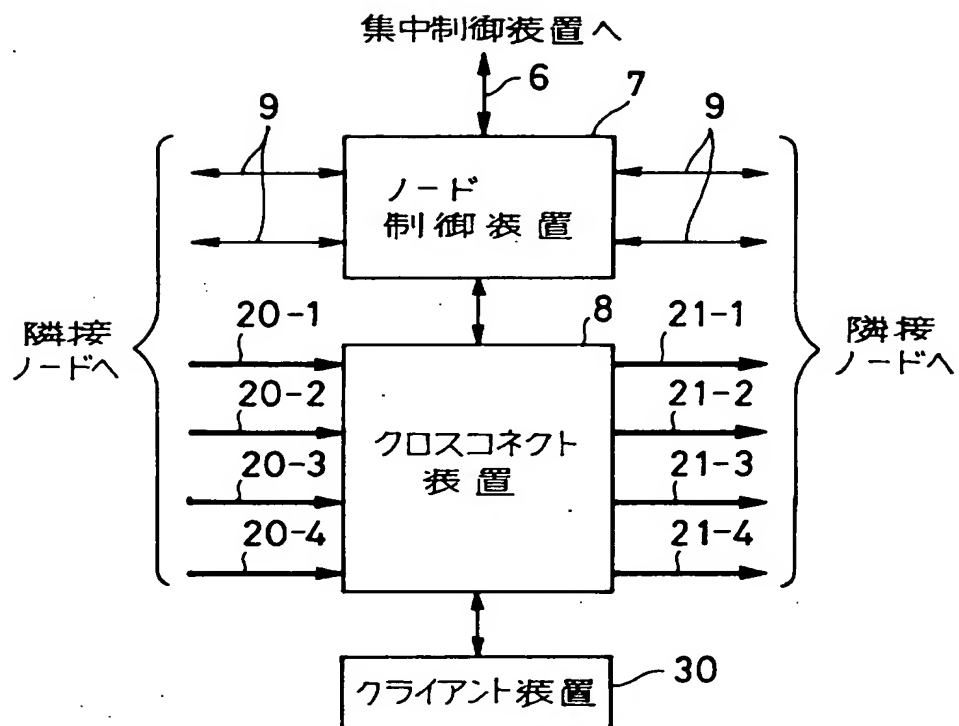
- 1 2 光受信器
- 1 3 光送信器
- 1 4 波長群分離器
- 1 5 波長群多重器
- 1 6 光スイッチ
- 1 7 電気スイッチ
- 2 0 入力光ファイバ
- 2 1 出力光ファイバ
- 3 0 クライアント装置
- 4 0 トポロジーテーブル
- 4 1 バステーブル
- 4 2 ポートテーブル
- 4 3 ルーティングテーブル

【書類名】 図面

【図 1】

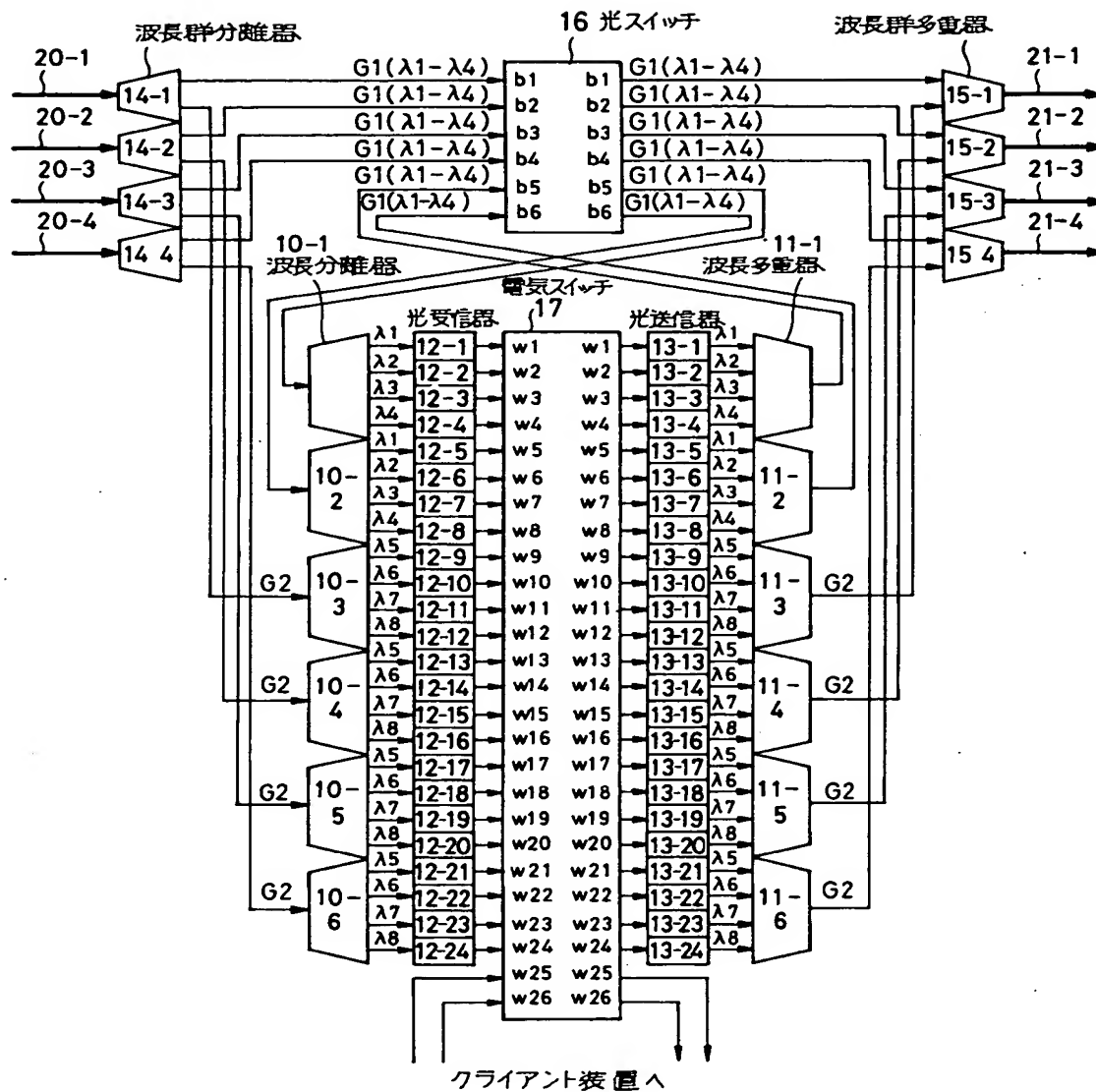


【図2】



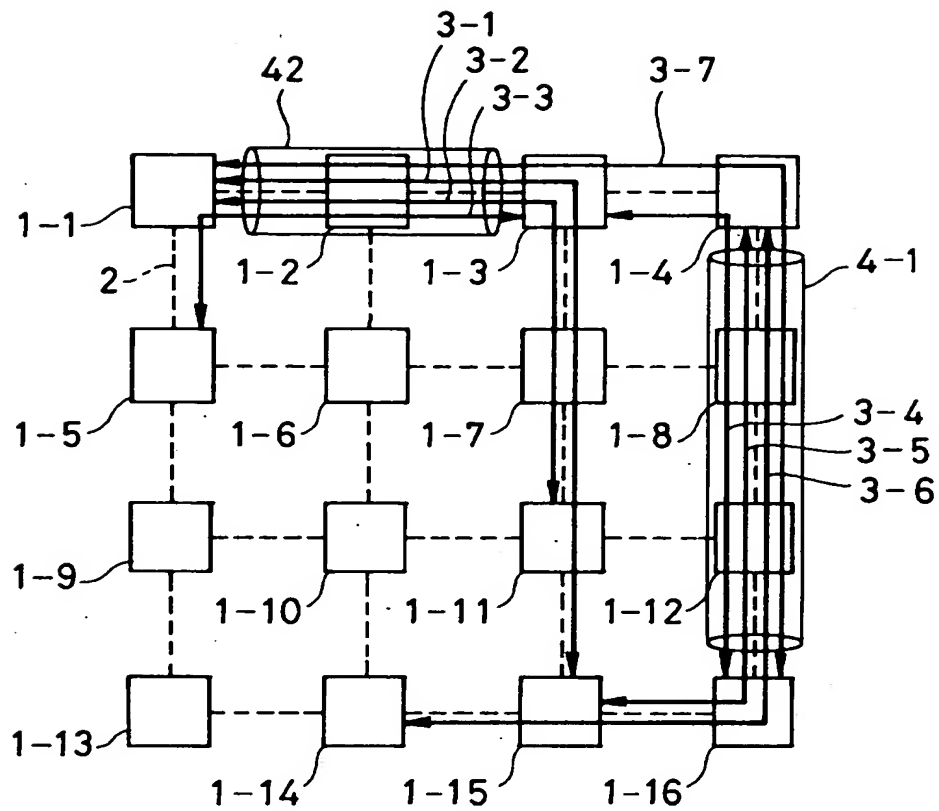


【図 3】

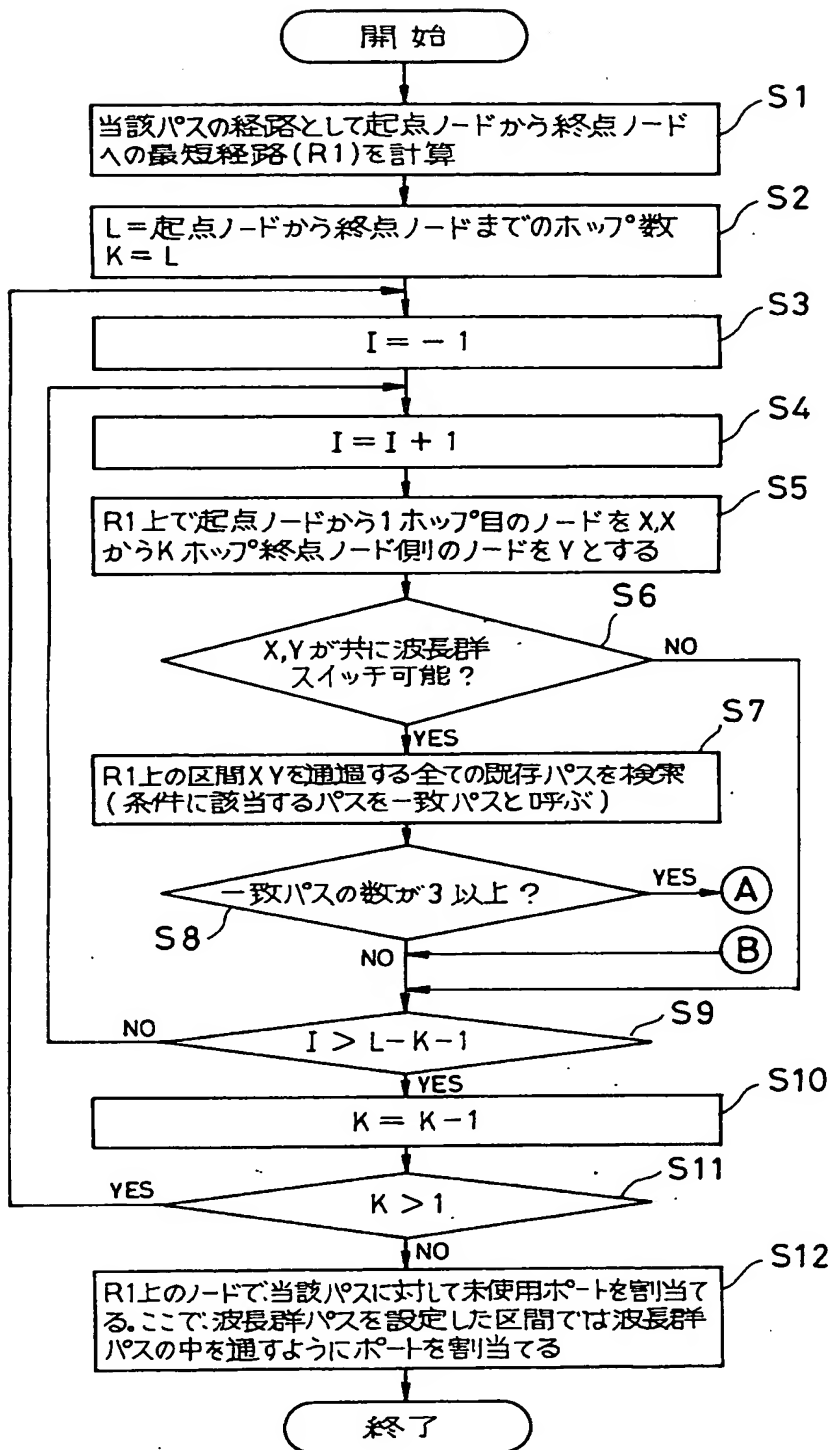




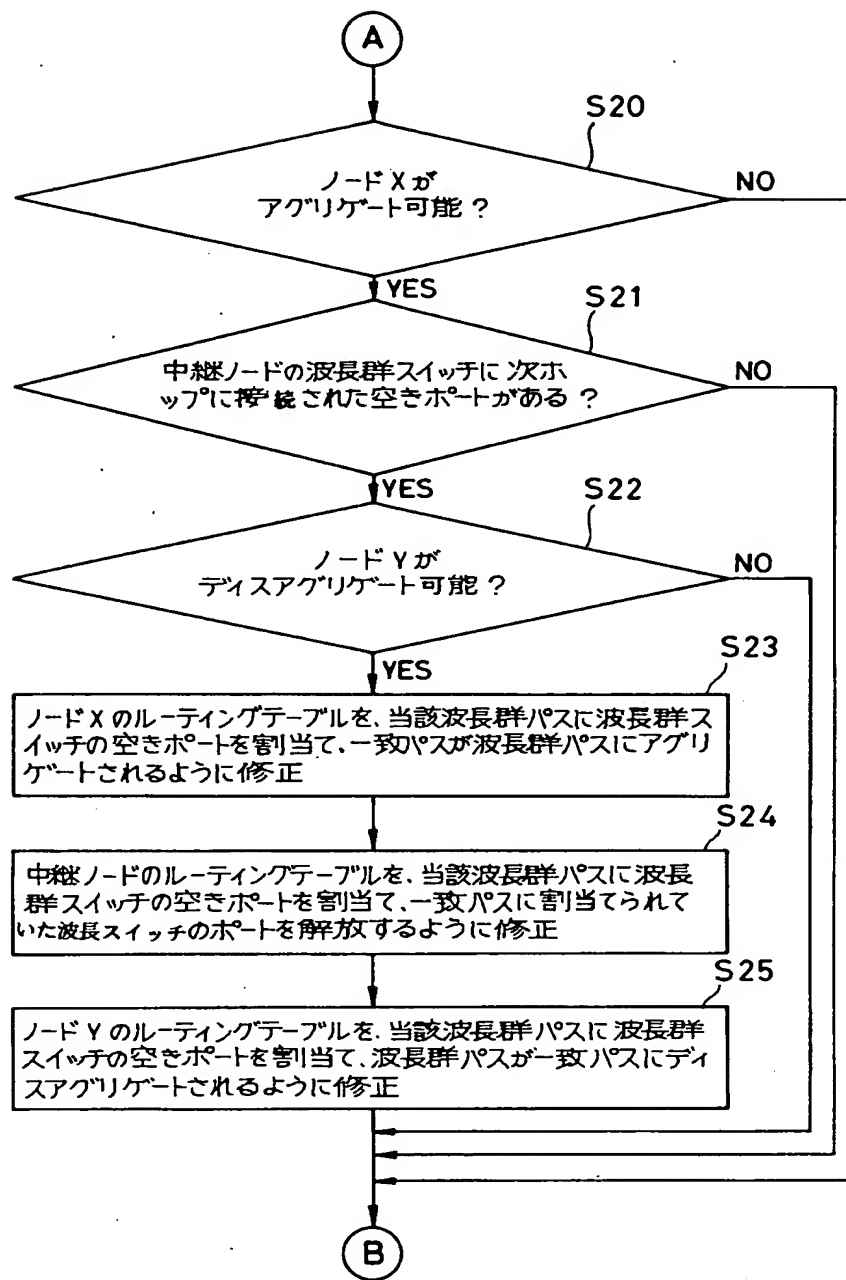
【図 5】



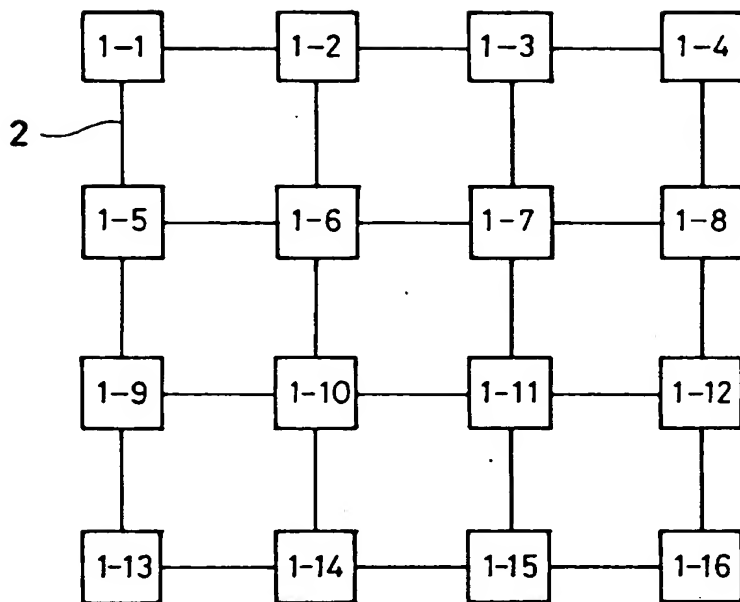
【図 6】



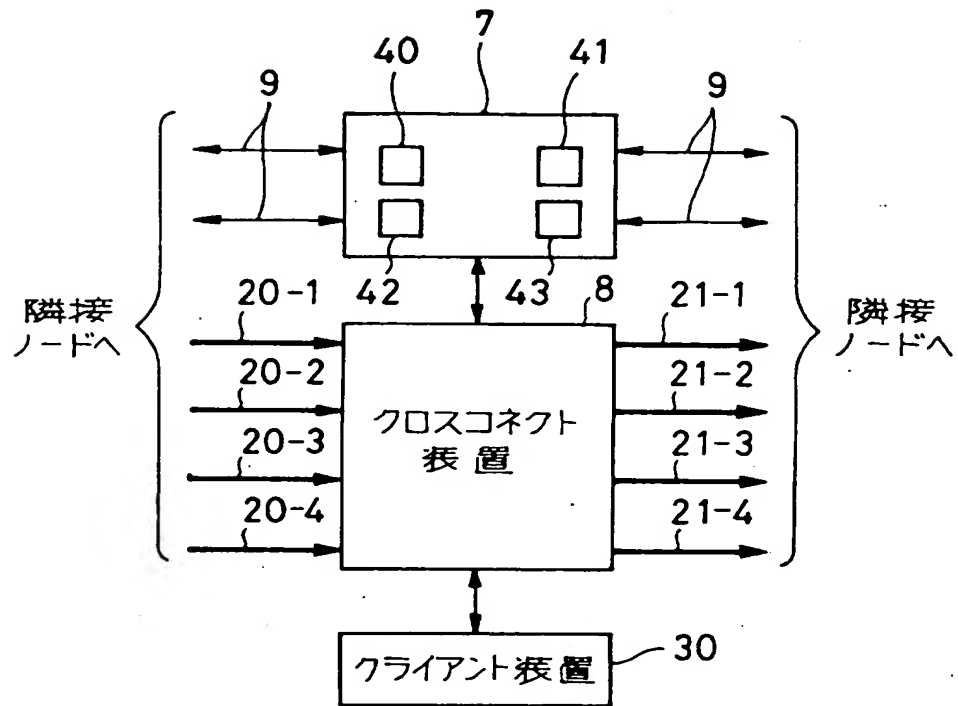
【図 7】



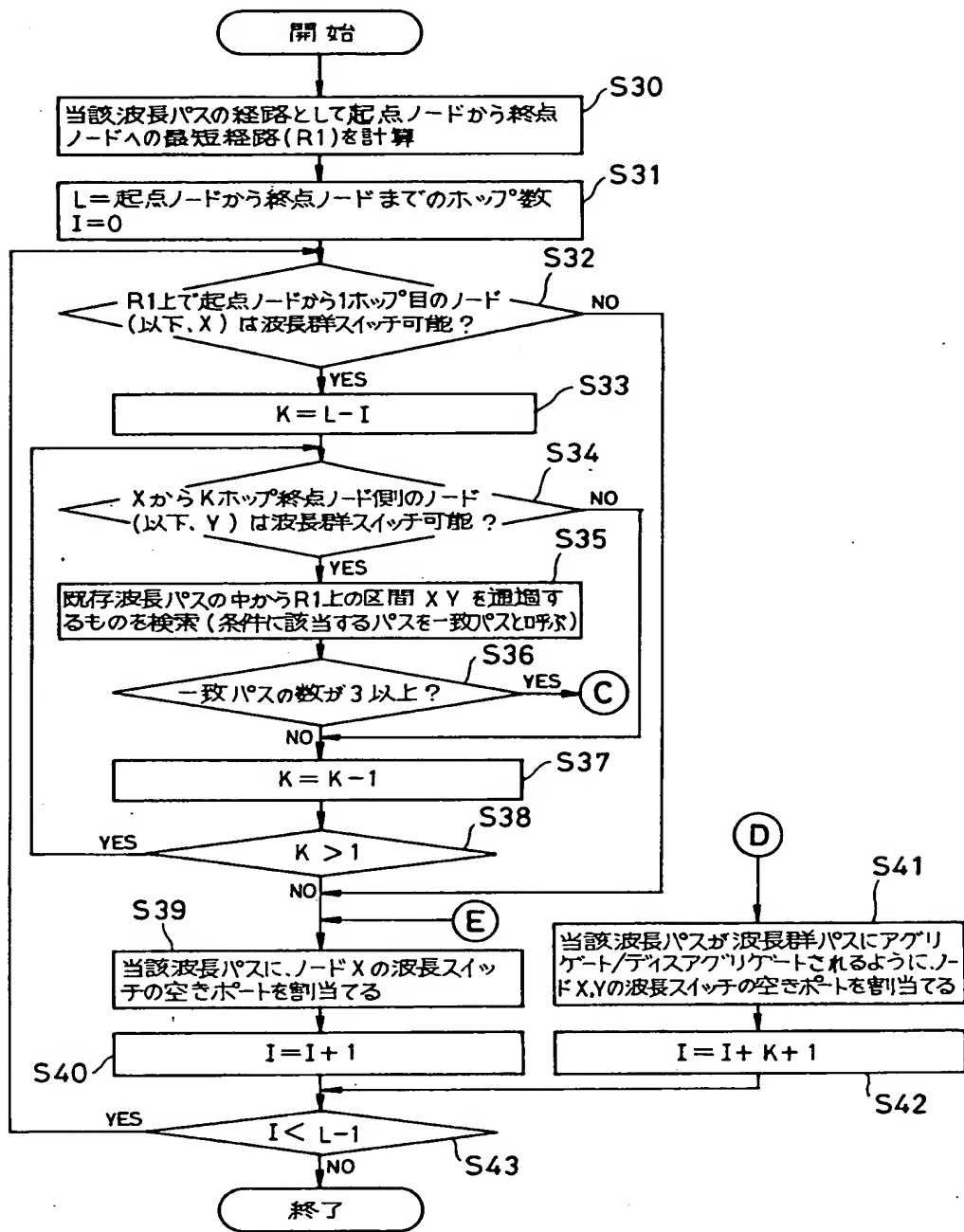
【図 8】



【図9】

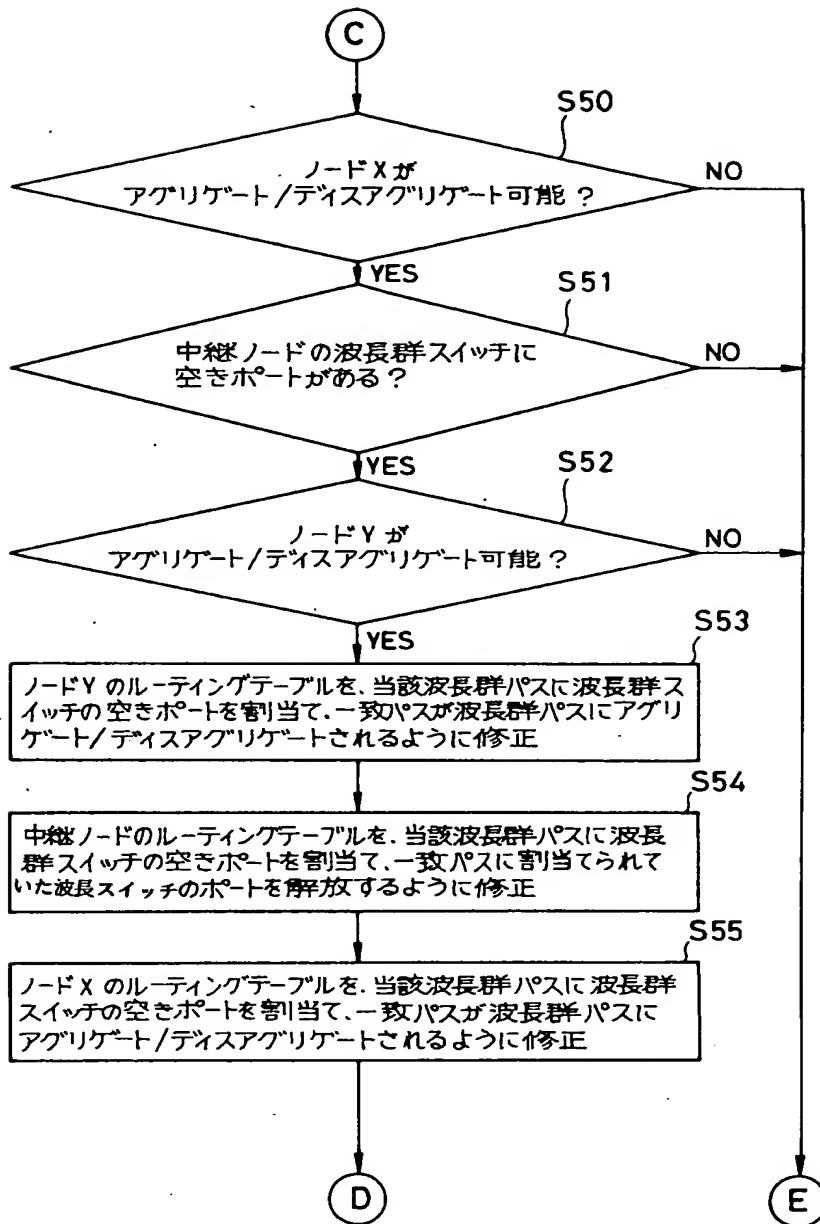


【図10】





【図 11】



【図 12】

(A)

パス番号	上流ポート	下流ポート
3-4	w 9	w 1 3
3-5	w 2 5	w 1 4
3-6	w 2 6	w 1 5

(B)

パス番号	上流ポート	下流ポート
3-4	w 9	w 1
3-5	w 2 5	w 2
3-6	w 2 6	w 3
4-1	b 5	b 2

【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 階層化された高次のパスと低次のパスを任意のノード間に動的に設定することが出来る通信ネットワークを実現する。

【解決手段】 ノード 1 - 1 を起点としノード 1 - 1 6 を終点とする波長パス 3 - 7 を設定する際に、波長パス 3 - 7 の経路上の区間 X Y と経路の一部が一致する既存の波長パス 3 を検索し、N - 1 本の既存の波長パス 3 が見つかった場合に、それらと波長パス 3 - 7 とを多重した波長群パス 4 を区間 X Y に設定する。区間 X Y としては、長さが L, L - 1, L - 2, …… , 2 (但し、L は波長パス 3 - 7 の経路長) の全ての区間を順に検索する。

【選択図】 図 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004237]

1. 変更年月日	1990年 8月29日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都港区芝五丁目7番1号
氏 名	日本電気株式会社